

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 020 292**

51 Int. Cl.:

B07C 5/342 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

G01B 11/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.07.2021 PCT/EP2021/069121**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.01.2022 WO22008709**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.07.2021 E 21739718 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025 EP 4178732**

54 Título: **Dispositivo y método de inspección de objetos en un flujo en movimiento y máquina que comprende dicho dispositivo**

30 Prioridad:

10.07.2020 FR 2007346

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

22.05.2025

73 Titular/es:

**PELLENC SELECTIVE TECHNOLOGIES (100.00%)
125, Rue François Gernelle, ZAC Saint Martin
84120 Pertuis, FR**

72 Inventor/es:

**BOURELY, ANTOINE y
GROTUS, NICOLAS**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 3 020 292 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo y método de inspección de objetos en un flujo en movimiento y máquina que comprende dicho dispositivo

5 La presente invención se refiere al campo de la inspección de objetos en movimiento y, en particular, al de las máquinas de clasificación automática e inspección de objetos que se mueven en un flujo sobre un transportador, del tipo cinta transportadora, por ejemplo. Normalmente, este tipo de máquinas se utiliza para clasificar residuos domésticos, y los transportadores utilizados en este contexto suelen tener una anchura de entre 1 y 3 m, y los objetos en movimiento tienen alturas de hasta aproximadamente 300 mm.

10 La presente invención tiene por objeto un dispositivo de inspección que puede utilizarse ventajosamente, pero no limitativamente, en el campo mencionado, así como una máquina que comprende al menos un dispositivo de este tipo y un método para su implementación, en particular para detectar la presencia y/o las características dimensionales o geométricas de objetos no reconocibles por las técnicas de inspección habituales que utilizan radiación reflejada o transmitida.

15 De hecho, en los campos de la clasificación y la inspección por aplicación de radiación, algunos objetos no son reconocibles por el detector porque no presentan ninguna forma o característica espectral caracterizante que permita distinguirlos de la cinta transportadora sobre la que están dispuestos. En el espectro del infrarrojo cercano (de -1000 nm a 2500 nm), este es el caso, por ejemplo, de los objetos negros que contienen negro de carbono, metales o materiales inertes (por ejemplo, vidrio, tierra o piedra). En el rango de longitudes de onda del campo visible (comprendido entre 400 y 800 nm), los objetos no reconocibles por los sistemas de visión en color son aquellos que no presentan contraste o presentan un contraste muy bajo con el fondo que los rodea. En una cinta transportadora negra, por ejemplo, los objetos negros o transparentes e incoloros son difíciles de detectar, o incluso imposibles de detectar.

20 Sin embargo, por razones de precio, robustez y fiabilidad, la mayoría de las cintas transportadoras de las máquinas clasificadoras son negras. Más concretamente, son negras cuando están nuevas y se vuelven gris oscuro o marrón después de su uso y de ensuciarse, ya que generalmente no se limpian.

25 Por lo tanto, se ha propuesto detectar y, si fuera necesario, caracterizar estos objetos en movimiento mediante la cartografía de todos los puntos materiales situados por encima del plano de soporte del transportador, preferiblemente con la determinación de sus alturas con respecto a este plano, es decir, una cartografía de todos los puntos de todos los objetos por encima del plano del transportador.

30 Actualmente, se utilizan varias soluciones diferentes para este fin a escala industrial, en concreto:

- Medición del tiempo de vuelo
- Cámaras de visión estereoscópica
- Perfilómetro láser

35 La primera solución consiste en emitir radiación o ultrasonidos desde una fuente situada en altura y medir el tiempo de retorno de la onda al emisor después de que rebote en el objeto medido. Su precisión está directamente relacionada con la capacidad de enfocar la onda emitida en un punto preciso y con la precisión de la medición del tiempo de retorno. La limitación del enfoque orienta la solución hacia el uso de luz láser y un escáner, y el uso de luz impone una electrónica capaz de medir picosegundos para obtener resoluciones del orden de milímetros. Por lo tanto, esta solución requiere una electrónica muy sofisticada, muy costosa y delicada.

40 Los otros dos métodos conocidos mencionados anteriormente son puramente geométricos.

45 En la visión estereoscópica, se utiliza la paralaje entre dos cámaras orientadas sustancialmente en la misma dirección y están separadas entre sí por una distancia de 20 a 30 cm. De manera muy similar a la visión humana, el desplazamiento lateral de un mismo punto visto por las dos cámaras está directamente relacionado con la distancia de ese punto con respecto a cada una de las dos cámaras. Esta solución requiere dos cámaras y, por lo general, iluminación controlada. Para establecer la correspondencia entre las posiciones de los puntos característicos del objeto en las dos imágenes, se puede utilizar el análisis de objetos realizado por el software de procesamiento de imágenes, pero a menudo es muy útil, incluso necesario, añadir iluminación estructurada, como un láser, para poder reconocer y localizar sin ambigüedades los puntos de correspondencia entre las dos imágenes.

50 Con un perfilómetro láser, también se utiliza la paralaje, esta vez entre la dirección de iluminación y la dirección de detección. Solo se necesita una cámara, por lo que esta solución es sustancialmente más sencilla que la visión estereoscópica.

55 Sin embargo, un riesgo común a estas dos soluciones geométricas está relacionado con los efectos de sombreado y enmascaramiento: para una buena detección, el punto del objeto considerado debe estar en la vista directa (línea de visión libre de obstáculos) de la fuente de iluminación y de la o las cámaras en cuestión. Evidentemente, esta condición se cumple mejor con dos líneas de visión (perfilómetro láser) que con tres (cámaras de visión estereoscópica).

Como resultado, el perfilómetro láser es preferido y a menudo se utiliza en el campo de la inspección y la clasificación. También es evidente que existe un compromiso entre el riesgo de enmascaramiento y la precisión de la medición de la altura, ya que ambos aumentan con la paralaje.

A modo de ejemplo, los documentos WO2012089185 y WO2019043231 divulgan el uso de perfilómetros láser para medir un perfil de las alturas de los objetos que se mueven sobre una cinta transportadora. Estos documentos utilizan el principio de que, con una iluminación suficientemente intensa, incluso un objeto negro o transparente devuelve una señal significativa y detectable. (Por el contrario, un objeto opaco claro devuelve una señal muy fuerte que satura el sensor). Debido a su diámetro de haz típico de aproximadamente 1 mm, un láser colimado proporciona naturalmente dicha iluminación.

En particular, el documento WO2012089185 utiliza la difusión de la luz láser en la materia y su resurgimiento después de haber transitado bajo la superficie del material, con la producción de una imagen de franja iluminada de anchura variable y con límites borrosos, lo que permite solo un procesamiento somero que detecta una ampliación de la franja iluminada relacionada con esta trayectoria óptica. Cabe señalar que este funcionamiento requiere el uso de iluminación colimada (es decir, un láser) para obtener una franja de iluminación de anchura constante, independientemente de la altura de la superficie iluminada.

Un inconveniente conocido del uso de un láser es la necesidad de prever medidas de protección y precauciones ópticas para evitar el riesgo de deslumbramiento y daños oculares de los operarios que circulan cerca de la máquina. Por lo tanto, es necesario cubrir cuidadosamente la máquina para evitar cualquier rebote directo del haz láser hacia el exterior de la máquina. Ahora bien, cuando se clasifican objetos heterogéneos y de diversa naturaleza, como residuos domésticos, ya sean de envases o de origen industrial, hay muchas superficies metálicas: latas, películas metalizadas, revestimientos metálicos externos o internos expuestos, diversas piezas metálicas. Estas superficies metálicas se comportan como espejos casi perfectos, sobre todo fuera de las superficies pintadas.

Sin embargo, el paso de los objetos en movimiento debe mantener una altura mínima, normalmente de 30 cm sin ningún obstáculo, para evitar cualquier riesgo de atasco. Estas dos limitaciones juntas hacen casi imposible garantizar que el haz láser no rebote hacia un punto exterior.

Esta problemática es muy similar a la que se da en las máquinas de rayos X, donde las soluciones adoptadas para contener la radiación utilizan túneles de varios metros de largo para hacer circular los objetos, e incluso deflectores en la entrada de la máquina: estas soluciones son evidentemente inaplicables en el contexto mencionado.

Una solución que a veces se propone para este problema consiste en utilizar un láser infrarrojo (IR), que se considera inofensivo para el ojo humano, ya que está fuera de su zona de sensibilidad. Sin embargo, la posibilidad de quemaduras sigue existiendo, y es incluso más peligrosa, ya que el personal no sospecha ni piensa en tomar medidas de protección, ya que el láser IR no es visible.

El objetivo de la presente invención es proponer una solución que permita paliar los inconvenientes de las soluciones de inspección conocidas basadas en perfilómetros láser, al tiempo que proporciona un rendimiento similar en términos de detección e inspección de objetos en movimiento, en particular para objetos negros y oscuros.

Para ello, su primer objeto es un dispositivo de inspección de objetos que se mueven en un flujo sustancialmente monocapa sobre una superficie de soporte plana móvil en una dirección longitudinal, comprendiendo este dispositivo, por un lado, al menos un medio de iluminación que proporciona un haz de iluminación con un eje o plano medio, dirigido hacia la superficie de soporte y cuya intersección con dicha superficie de soporte consiste en una franja iluminada que se extiende transversalmente a la dirección de movimiento y en toda o parte de la anchura de dicha superficie de soporte, por otro lado, al menos un medio de detección que presenta un eje o una superficie óptica y un campo de adquisición que presenta, en la dirección transversal a la dirección de movimiento, una dimensión como máximo igual a la de la franja iluminada, y que incluye, en la dirección de movimiento, también zonas no iluminadas de la superficie de soporte situadas por encima y por debajo de dicha franja iluminada y un volumen que se extiende al menos por encima de dicha franja o parte de franja iluminada, y opcionalmente por encima de las zonas no iluminadas y, por último, un medio de procesamiento y evaluación de las señales o datos proporcionados por dicho medio de detección, al menos uno, con el fin de detectar la presencia de los objetos en movimiento, cartografiar su altura y/o determinar su volumen exterior, siendo preferiblemente estos objetos de color oscuro o negro, presentando el eje o plano medio del o de los haces de iluminación y el eje o plano óptico del o de los medios de detección un ángulo distinto de cero entre ellos, denominado ángulo de paralaje, y presentando la imagen de la franja iluminada adquirida por dicho al menos un medio de detección una anchura al menos igual a tres veces, preferiblemente al menos diez veces, la resolución de dicho medio,

dispositivo caracterizado por que el al menos un medio de iluminación está configurado y dispuesto de tal manera que la franja iluminada (6) generada al nivel de la superficie de soporte presenta una anchura en la dirección de movimiento que es superior a 10 mm, ventajosamente comprendida entre 10 mm y 30 mm, o bien delimitada, en ausencia de objeto, por dos bordes paralelos rectilíneos opuestos, que forman límites nítidos en la imagen de esta franja iluminada, y presenta un contraste suficiente con respecto a las zonas no iluminadas para ser discernible por el medio de detección y el medio de procesamiento y evaluación, independientemente del color del objeto en movimiento sobre el

que se aplica la franja iluminada, y en que el o cada haz de iluminación consiste en un haz procedente de una fuente de luz incoherente.

5 La invención también tiene por objeto una máquina de inspección y clasificación que comprende al menos un dispositivo de este tipo y un método de inspección de objetos que se mueven en un flujo sobre una superficie de soporte.

La invención se comprenderá mejor gracias a la siguiente descripción, que se refiere a realizaciones preferidas, dadas a título de ejemplos no limitativos, y explicadas con referencia a los dibujos esquemáticos adjuntos, en los que:

10 la [Fig. 1a] es una vista lateral de una realización preferida del dispositivo de inspección según la invención, en la que el medio de detección (cámara) está situado antes que la iluminación y en una posición baja;
 la [Fig. 1b] es una vista lateral similar a la de la figura 1a, pero con el medio de detección (cámara) situado antes que el medio de iluminación y en una posición alta, pero por debajo de la iluminación;
 15 la [Fig. 2] es una vista en perspectiva del dispositivo representado en la figura 1a;
 la [Fig. 3] es una vista en perspectiva de otra realización preferida del dispositivo según la invención, con el medio de detección (cámara) situado después que el medio de iluminación y frente a él (en el lado opuesto de un plano vertical y transversal con respecto a la superficie de soporte);
 la [Fig. 4] es una vista en perspectiva de otra realización preferida del dispositivo según la invención, con el uso de un medio de iluminación móvil;
 20 la [Fig. 5] es una vista en perspectiva que muestra la intersección de la franja iluminada con un objeto rectangular que se mueve sobre el plano de soporte;
 la [Fig. 6] es una vista en el plano de la cámara que muestra cómo la imagen de la franja iluminada se modifica por la presencia del objeto de la figura 5;
 25 la [Fig. 7] muestra el perfil de altura deducido de la información de la figura 6 y,
 las [Fig. 8a], [Fig. 8b], [Fig. 8c], [Fig. 8d] [Fig. 8e] y [Fig. 8f] muestran pares [instantáneas de la franja iluminada/perfiles de altura acumulados] cuando un objeto completo circula a través del dispositivo según la invención.

30 Las figuras 1 a 4 ilustran de forma esquemática diferentes modos de realización de un dispositivo de inspección de objetos (2) que se mueven en un flujo (F) sustancialmente monocapa sobre una superficie de soporte plana (3) que puede moverse en una dirección longitudinal (D).

Este dispositivo (1) comprende esencialmente:

35 por un lado, al menos un medio de iluminación (4) que proporciona un haz de iluminación (5) con un eje o plano medio (PM), dirigido hacia la superficie de soporte (3) y cuya intersección con esta superficie de soporte (3) consiste en una franja iluminada (6) que se extiende transversalmente a la dirección de movimiento (D) y en toda o parte de la anchura de dicha superficie de soporte (3),
 por otro lado, al menos un medio de detección (7) que presenta un eje o una superficie óptica (AO) y un campo de adquisición (7') que presenta, en la dirección transversal a la dirección de movimiento (D), una dimensión como
 40 máximo igual a la de la franja iluminada (6), y que incluye, en la dirección de movimiento (D), también zonas no iluminadas (6') de la superficie de soporte (3) situadas antes y después de dicha franja o parte iluminada (6) y un volumen (VA) que se extiende al menos por encima de dicha franja iluminada (6) y, opcionalmente, por encima de las zonas no iluminadas (6') y,
 por último, un medio (8) de procesamiento y evaluación de las señales o datos proporcionados por el mencionado
 45 medio de detección (7) con el fin de detectar la presencia de los objetos en movimiento (2), cartografiar su altura y/o determinar su volumen exterior.

50 El eje o el plano medio (PM) del haz o los haces de iluminación (5) y el eje o el plano óptico (AO) del medio o los medios de detección (7) forman entre sí un ángulo (AP) distinto de cero, denominado ángulo de paralaje. Además, la imagen de la franja iluminada (6) adquirida por al menos un medio de detección (7) presenta una anchura al menos igual al triple de la resolución de dicho medio (7) y, preferiblemente, al menos diez veces esta resolución.

Por la expresión "n veces la resolución", se entiende en la presente un valor de anchura equivalente a n veces la dimensión del componente o de la unidad elemental de detección. Así pues, para un medio de detección matricial, como por ejemplo una cámara o un medio de captura de imágenes análogo, la imagen de la franja (6) presentará una
 55 anchura de al menos tres píxeles (franja formada por al menos tres líneas de píxeles).

60 En cualquier caso, en la práctica, la anchura de la franja iluminada (6) a nivel de la superficie de soporte (3), es decir, la distancia que separa los dos bordes contiguos (9, 9'), debería ser suficiente para poder diferenciar fácilmente y distinguir claramente estos dos bordes con el fin de poder utilizar ventajosamente la información proporcionada por cada uno de ellos por separado. Los inventores pudieron determinar mediante diferentes ensayos que la franja iluminada (6) formada sobre la superficie de soporte móvil (3) debía tener una anchura, en la dirección de movimiento (D), superior a 10 mm, ventajosamente comprendida entre 10 mm y 30 mm, preferiblemente del orden de aproximadamente 20 mm. Una anchura mayor requeriría una potencia de iluminación exagerada para disponer de un
 65 contraste suficiente.

Así pues, de acuerdo con la invención, el al menos un medio de iluminación (4) está configurado y dispuesto de tal manera que la franja iluminada (6) generada al nivel de la superficie de soporte (3) presenta una anchura en la dirección de movimiento (D) que es superior a 10 mm, ventajosamente comprendida entre 10 mm y 30 mm, o bien delimitada, en ausencia de objeto (2), por dos bordes paralelos rectilíneos opuestos (9, 9'), que forman límites nítidos en la imagen de esta franja iluminada (6), y presenta un contraste suficiente con respecto a las zonas no iluminadas (6') para ser discernible por el medio de detección (7) y el medio (8) de procesamiento y evaluación, cualquiera que sea el color del objeto (2) en movimiento sobre el que se aplica la franja iluminada (6). Además, el o cada haz de iluminación (5) consiste en un haz procedente de una fuente de luz incoherente (4'). Gracias a las disposiciones de la invención, es posible evitar los inconvenientes y riesgos relacionados con el uso de perfilómetros láser y, al mismo tiempo, proporcionar un rendimiento similar en términos de detección y cartografía de objetos (2) en movimiento, en particular también para objetos negros, oscuros y transparentes.

El concepto de objeto oscuro o negro puede caracterizarse por una luminosidad inferior a un umbral de reflectancia expresado en porcentaje de la reflectancia de un objeto blanco de referencia (por ejemplo, una cerámica blanca o una hoja de papel blanco de oficina). Los valores típicos se sitúan entre el 2 % y el 10 % de reflectancia, para un objeto percibido como negro por el ojo humano.

Como se ha indicado anteriormente, la delimitación lateral de la franja iluminada (6) y su luminosidad son ventajosamente tales que la zona que define presenta dos límites lineales nítidos (9, 9'), más allá de los cuales la intensidad luminosa cae bruscamente, por ejemplo, al menos un 50 %, ventajosamente al menos un 60 % a 80 %. Este contraste de un factor de 2 a 5 es suficiente para permitir una distinción clara entre un objeto (2) iluminado, incluso oscuro o negro, y una parte de la superficie de soporte (transportador) no iluminada (generalmente de color negro, marrón o gris oscuro).

Al alejarse de dicho transportador hacia arriba (a una distancia de la superficie de soporte), y por lo tanto del punto focal (línea de enfoque transversal), la zona iluminada se amplía: sin embargo, sus límites siguen siendo nítidos y claramente identificables en la imagen de la franja iluminada (6). Por lo tanto, el dispositivo (1) sigue siendo eficaz hasta una altura de aproximadamente 10 cm, lo que suele ser más que suficiente para detectar la presencia e incluso para medir la altura, ya que el 99 % de los objetos (2) que circulan por el transportador tienen menos de 10 cm de altura en el marco de la aplicación preferente de la invención (procesamiento de residuos domésticos e industriales).

El experto en la materia puede considerar por equivalencia que se trata de un tipo de iluminación estructurada con dos líneas de detección (9 y 9'), en lugar de una línea en el caso de un láser: las dos "líneas" están formadas por los límites o bordes lineales entre la zona fuertemente iluminada (franja iluminada) y el exterior (en particular, las franjas inmediatamente adyacentes lateralmente y no iluminadas). Por lo tanto, la información proporcionada es más rica (duplicación de la información recogida) que la resultante de la utilización de un haz láser reflejado.

El experto también comprende que, en función de la anchura de la superficie de soporte móvil (3) y de las características dimensionales/rendimiento de los medios 4 y 7, el dispositivo (1) puede incluir uno o varios medios de iluminación (4) y/o uno o varios medios de detección (7), dispuestos respectivamente uno al lado del otro, con el fin de poder abarcar la totalidad de esta anchura para fines de inspección de objetos (2). En cualquier caso, el campo de adquisición del o de cada medio de adquisición (7) está comprendido en su totalidad en el alcance de la franja iluminada (6) en la dirección (D), como se ha indicado anteriormente.

Ventajosamente, el ángulo de paralaje (AP) es superior a 10° y preferiblemente está comprendido entre 10° y 50°, estando el medio de iluminación (4) y el medio de detección (7) situados o no en la misma cara de un plano (PP) perpendicular a la superficie de soporte (3) y paralelo a la franja iluminada (6) (véanse las figuras 1 a 4).

Por supuesto, el medio de detección (7) puede estar formado por varios o incluso múltiples componentes, cuyas señales se agrupan antes de ser utilizadas por el medio (8).

Sin embargo, de manera ventajosa, el dispositivo (1) incluye un único medio de detección (7).

El o cada medio de detección (7) consiste preferiblemente en una cámara matricial, y la representación de la franja iluminada (6) utilizada en el medio de detección (7) y/o el medio de procesamiento y evaluación (8) consiste ventajosamente en una línea, que se extiende preferiblemente, en ausencia de un objeto (2) impactado por la franja iluminada (6), en la parte inferior de la imagen proporcionada por el medio de detección (7) y analizada por el medio de procesamiento y evaluación (8), como se muestra, por ejemplo, en la figura 7.

Preferiblemente, el o cada medio de iluminación (4) comprende al menos una fuente de luz (4'), de constitución alargada y dispuesta transversalmente a la dirección de movimiento (D), o incluso varias fuentes de este tipo alineadas transversalmente. También incluye al menos un elemento (4'') que enfoca la radiación emitida por la fuente de luz (4') para generar la franja iluminada (6) al nivel de la superficie de soporte (3).

De acuerdo con una primera variante constructiva, que se desprende de las figuras 1 a 3, el o cada medio de iluminación (4) proporciona una iluminación permanente a nivel de la franja (6) y comprende al menos una fuente de

luz (4') en forma de filamento rectilíneo (por ejemplo, de una lámpara halógena) que se extiende transversalmente a la dirección de movimiento (D) y un elemento de enfoque (4'') en forma de reflector con una sección parcialmente cilíndrica y elíptica, estando dispuesto el filamento (4') en uno de los focos de la elipse virtual del reflector (4'') y el otro foco está situado cerca de la superficie de soporte (3).

De acuerdo con una segunda variante constructiva, que se desprende de la figura 4, el o cada medio de iluminación (4) proporciona una iluminación que barre al nivel de la franja iluminada (6) y comprende una fuente de luz fija (4'), por ejemplo en forma de filamento, asociada a un elemento de enfoque (4''), por ejemplo en forma de reflector con sección parcialmente elíptica, dicho medio de iluminación (4) comprende además un elemento de transmisión (4'''), por ejemplo móvil, que aplica la iluminación procedente de la fuente (4') y enfocada al nivel de la superficie de soporte (3) para generar la franja iluminada (6) mediante barrido transversal.

La generación de una franja iluminada (6) que presente características geométricas y de luminosidad suficientes para un funcionamiento fiable del dispositivo (1) requiere, en el marco de la construcción y el montaje de los componentes del o de cada medio de iluminación (4), la consideración de puntos y criterios particulares, en particular en relación con el enfoque de la radiación incoherente y multidireccional procedente de la fuente (4') y con el objetivo de obtener bordes (9, 9') rectilíneos y rectos a nivel de la franja. Esta última, o más bien la imagen de esta última, puede limitarse teóricamente en anchura a una dimensión mínima equivalente a tres líneas de píxeles en la imagen adquirida por la cámara (7), pero en la práctica presenta una anchura de al menos 10 líneas de píxeles, y físicamente una anchura de uno o varias decenas de milímetros, preferiblemente de al menos 20 mm.

Así pues, en lo que respecta al problema del desenfoque del enfoque, cabe señalar que la franja iluminada (6), en su dimensión paralela a la dirección (D) de avance del transportador, es la imagen ampliada del filamento de la lámpara fuente (4'), situada en el primer foco de la elipse virtual del reflector cilíndrico-elíptico (4'') asociado. Si este filamento está descentrado con respecto al foco, la imagen se vuelve borrosa.

Además, para este tipo de lámpara, el filamento visto en la dimensión transversal al transportador, tiene forma de guirnalda sostenida por soportes (5 a 7 por filamento). Esta forma se curva y se aleja del foco, sobre todo porque se calienta y, por tanto, se dilata. Por lo tanto, las imágenes creadas por las diferentes partes del filamento se difuminan sustancialmente.

Por último, también hay que señalar que los dos bordes laterales del o de cada reflector (4'') son láminas planas. Están colocados perpendicularmente a la franja iluminada (6) y devuelven a esta franja los rayos recibidos del filamento (4'). El experto entiende que, por lo tanto, debe prestarse especial atención a su diseño (pieza rígida) y a su fijación perfectamente perpendicular.

Gracias a la estructura de los reflectores elípticos o cilíndrico-elípticos (4''), el haz de luz (5) emitido por el medio (4) comprende dos partes distintas acumulativas que proporcionan dos zonas de iluminación mutuamente superpuestas al nivel de la superficie de soporte (3), en concreto:

- Una zona de iluminación enfocada en la dirección de avance o desplazamiento (D) de los objetos (2), que presenta una alta densidad: es proporcionada por los rayos que pasan a través de un reflector cilíndrico-elíptico (4'') y corresponde a la imagen ampliada del filamento de la lámpara halógena utilizada. En la dirección transversal a la cinta transportadora correspondiente a la superficie de soporte plana móvil (3), el haz se extiende a lo ancho.
- Una zona de iluminación directa alrededor de la zona anterior, relacionada con los rayos que llegan en línea directa del filamento de la lámpara halógena (4') utilizada. La densidad máxima de esta parte es inferior al 1 % de la densidad de la anterior. Con un ajuste adecuado de la sensibilidad de la cámara (7), se puede ignorar este componente de iluminación en relación con la parte enfocada anterior.

Los medios de iluminación (4) que pueden utilizarse en el marco de la presente invención ya se han mencionado en los documentos EP 1 243 350 y EP 3 423 202 en relación con la utilización de la composición espectral de la radiación reflejada para realizar una clasificación de materiales (espectroscopia del infrarrojo cercano). El dispositivo de inspección (1) según la invención puede integrarse por tanto a bajo coste en el tipo de máquinas descritas en estos documentos y ya comercializadas por la solicitante, ya que el medio de iluminación (4) podrá ser común a los dos medios de detección distintos implementados, y la utilización de las señales recogidas puede realizarse ventajosamente por el mismo medio de procesamiento y evaluación (8).

La presente invención también tiene por objeto un método de inspección de objetos (2) que se mueven en un flujo (F) sustancialmente monocapa sobre una superficie de soporte plana (3) móvil en una dirección longitudinal (D).

Este método se lleva a cabo mediante la implementación de un dispositivo (1) que comprende, por un lado, al menos un medio de iluminación (4) que proporciona un haz de iluminación (5) con un eje o plano medio (PM), dirigido hacia la superficie de soporte (3) y cuya intersección con dicha superficie de soporte (3) consiste en una franja iluminada (6) que se extiende transversalmente a la dirección de movimiento (D) y sustancialmente a lo largo de toda la anchura de dicha superficie de soporte (3), por otro lado, al menos un medio de detección (7) que presenta un eje o una superficie óptica (AO) y un campo de adquisición (7') que abarca al menos la franja iluminada (6), zonas no iluminadas (6') de la

5 superficie de soporte (3) situadas a ambos lados a lo largo de dicha franja iluminada (6) y un volumen (VA) que se extiende al menos por encima de dicha franja iluminada (6) y, opcionalmente, por encima de las zonas no iluminadas (6') y, finalmente, un medio (8) de procesamiento y evaluación de las señales o datos proporcionados por dicho al menos un medio de detección (7) con el fin de detectar la presencia de los objetos en movimiento (2), cartografiar su altura y/o determinar su volumen exterior.

10 Este dispositivo (1) está configurado de tal manera que el eje o el plano medio (PM) del haz de iluminación (5) y el eje o el plano óptico (AO) presentan entre ellos un ángulo (AP) distinto de cero, llamado ángulo de paralaje, y el dicho método consiste en proporcionar, por un lado, una imagen de la franja iluminada (6) adquirida por al menos un medio de detección (7) que presenta una anchura al menos igual al triple de la resolución de dicho medio (7) y, por otro lado, una franja iluminada (6) a nivel de la superficie de soporte (3) que está delimitada por dos bordes paralelos rectilíneos opuestos (9, 9') diferenciables entre sí en la imagen, que presenta una anchura en la dirección de movimiento (D) superior a 10 mm, ventajosamente comprendida entre 10 mm y 30 mm, y que presenta un contraste suficiente con respecto a las zonas no iluminadas (6') para ser discernible por el medio de detección (7) y utilizable por el medio de procesamiento y evaluación (8), independientemente del color del objeto (2) en movimiento sobre el que se aplica la franja iluminada (6), el haz o cada haz de iluminación consiste en un haz procedente de una fuente de luz incoherente.

20 Según una característica de la invención, se puede prever extraer de la imagen de la franja iluminada (6), mediante al menos un programa de procesamiento de datos adecuado ejecutado por el medio (8) de procesamiento y evaluación, representando al menos una línea de perfil (LP) la altura con respecto a la superficie de soporte móvil (3), y comparar esta línea de perfil con un valor umbral mínimo de presencia de objeto, y, si fuera necesario, utilizar esta línea de perfil para determinar punto por punto la altura de los objetos (2) inspeccionados.

25 Según otra característica, también se puede prever analizar la luminancia de las líneas de perfil (LP) sucesivas de un objeto (2) y utilizarla para clasificar dicho objeto (2) como objeto oscuro u objeto claro.

Por último, también puede preverse la acumulación en el tiempo de las líneas de perfil (LP) sucesivas de un mismo objeto (2) para reconstruir su forma aparente y/o calcular su volumen.

30 Ventajosamente, el programa de detección de perfil aplicado por el medio (8) de procesamiento y evaluación puede implementar una búsqueda de percentil de luminancia detectada a lo largo de cada línea perpendicular a la imagen de la franja iluminada (6), seguida de una operación de umbralización de la línea de perfil.

35 En relación con una variante de realización, el medio (8) de procesamiento y evaluación puede implementar dos operaciones de detección de perfil que permiten buscar y utilizar dos límites, en concreto, las intersecciones superior e inferior de la franja iluminada (6) con el objeto (2) presente, es decir, los dos bordes (9 y 9') de la imagen de dicha franja iluminada (6).

40 El método puede consistir, así pues, en determinar un primer perfil siguiendo un límite superior (LH) definido por un primer ángulo (α_1), por ejemplo, un primer borde de la franja iluminada en la dirección de movimiento, y un segundo perfil siguiendo un límite inferior (LB) definido por un segundo ángulo (α_2), por ejemplo, un segundo borde de la franja iluminada en la dirección de movimiento, correspondiendo estos dos límites (LH, LB) a los dos bordes (9, 9') mencionados de la franja iluminada (6) proyectada sobre el objeto (2), y se desplazan en el tiempo con el movimiento del objeto (2) inspeccionado.

45 Preferiblemente, las dos operaciones mencionadas son distintas y se llevan a cabo por separado, determinándose los dos perfiles independientemente uno del otro.

50 Preferiblemente también, el método mencionado utiliza un dispositivo de inspección (1) como el descrito anteriormente.

55 Por último, la invención también se refiere a una máquina de inspección y clasificación automática de objetos (2) que se mueven en un flujo (F) sustancialmente monocapa sobre un transportador, del tipo cinta transportadora por ejemplo, que proporciona una superficie de soporte móvil (3) para dichos objetos (2), estando caracterizada esta máquina por que comprende, montado sobre el transportador, al menos un dispositivo de inspección (1) como el descrito anteriormente.

60 Opcionalmente, se pueden prever varios (al menos dos) dispositivos (1) que incluyan o bien un medio de iluminación (4) común y al menos dos medios de detección (7) distintos, o bien un medio de detección (7) común y al menos dos medios de iluminación (4) distintos o que correspondan a al menos dos módulos distintos, cada uno de los cuales comprende un medio de iluminación (4) y un medio de detección (7), dispuestos uno junto al otro transversalmente a la dirección de movimiento (D).

65 A continuación se presenta una descripción más detallada de las diferentes variantes de realización de la invención en relación con las figuras adjuntas.

En primer lugar, en la figura 1a, se observa un medio de iluminación (4) con una fuente (4'), es decir, una luminaria (4) con reflector enfocado (4'') y tubo halógeno (4'), denominado en lo sucesivo "reflector halógeno", que concentra la energía luminosa en una estrecha franja iluminada (6) de la superficie del transportador (3) que transporta los objetos (2) a inspeccionar. Los rayos llegan a un ángulo medio α con respecto a la vertical de la superficie de soporte plana móvil (3) de transporte, estando el haz (5) delimitado por los ángulos extremos α_1 y α_2 . En este caso, una cámara matricial (7) se coloca delante de la zona iluminada en forma de franja (6) y se dirige hacia el transportador, con un ángulo medio β (de su eje óptico AO) con respecto a la horizontal (superficie plana del transportador). Los extremos inferior y superior de su campo de visión o volumen de adquisición (VA) corresponden a los ángulos β_1 y β_2 .

En comparación con un perfilómetro láser, la principal diferencia radica en el hecho de que la iluminación no solo se concentra en la dirección α , sino que llena todo el sector angular que va de α_1 a α_2 . La anchura de esta franja iluminada (6) depende de la altura variable (sobre el transportador) de su superficie de aplicación (superficie del transportador o superficie de un objeto), pero sus dos límites (9 y 9') permanecen bien definidos y detectables por la cámara (7) en el rango de alturas mencionado.

Esta franja iluminada (6) por iluminación enfocada se combina funcionalmente con una cámara matricial (7) para constituir un sistema de triangulación capaz de detectar y cartografiar todos los objetos (2), incluso negros, oscuros y espectralmente inertes, que están presentes en el transportador y atraviesan dicha franja iluminada.

Una disposición de este tipo (1) presenta varias ventajas en términos de costes e integración: una sola cámara por dispositivo, sin iluminación específica y sin costes adicionales de cobertura protectora (ya que no hay fuente láser).

Por último, y aunque no se representa aquí, la máquina puede incluir, además del medio de detección (7) del dispositivo (1), otro detector colocado en la misma en el plano de detección de dirección α , entre dos reflectores (4''), para constituir un sistema de detección coplanario con la iluminación e inclinado sobre la vertical, como se describe en el documento EP 1 243 350 antes mencionado.

La paralaje media del dispositivo (1) viene dada por la diferencia entre las dos líneas de visión, es decir, en este caso el ángulo $AP = \pi/2 - \alpha - \beta$. Cuanto mayor sea este ángulo, más precisa será la medición de la altura, pero también se maximizan los riesgos de ocultación según la forma del objeto (2) aparente.

Ventajosamente, los valores elegidos para α van de 0 a 30°, y para β de 30 a 75°.

La figura 1a ilustra un valor de β cercano a 30° (posición "anterior baja"), y la figura 1b una posición "anterior alta" con β cercano a 75°.

Varias otras implementaciones preferentes del dispositivo (1) utilizan diferentes disposiciones geométricas, sin alejarse del campo de la invención.

Así pues, se pueden considerar dos posiciones posibles para la cámara, que se ilustran en perspectiva en las figuras 2 y 3:

En la figura 2 se ilustra una posición "anterior baja": una configuración en la que el ángulo entre el eje de visión de la cámara y la vertical es importante. Esta posición es también la que se muestra en la figura 1a. En este caso, se puede mantener un grado de libertad de desplazamiento de la cámara en la dirección horizontal y esta variante presenta una buena precisión de la medición de la altitud. Sin embargo, también puede producir un efecto de ocultación de objetos: un objeto situado con anterioridad puede ocultar un objeto a la altura de la franja iluminada (6).

En la figura 1b se ilustra un ejemplo de posición "anterior alta": en este caso, la cámara (7) se instala justo debajo del medio de iluminación (4), y lo más cerca posible. De este modo se minimiza la paralaje, lo que tiene la ventaja de reducir el efecto de enmascaramiento en comparación con la configuración anterior, pero reduce la precisión en altitud en comparación con esta última.

Se observa que, en las figuras 1 y 2, el medio de iluminación está compuesto por dos reflectores halógenos (4' + 4'') que están separados entre sí en sentido transversal. Esta configuración posible no es forzosamente necesaria, y el funcionamiento del dispositivo (1) sería idéntico con una línea continua de reflectores (4' + 4'') contiguos que cubran toda la anchura del transportador (3). De hecho, con una paralaje (ángulo AP) suficiente, el campo de visión (VA) de la cámara (7) se encuentra completamente por debajo del límite inferior de los reflectores (4'') y no interfiere con ellos.

La figura 3 ilustra un ejemplo de posición denominada "posterior" correspondiente a una configuración alta orientada hacia atrás (en sentido contrario a la dirección de movimiento D del flujo F), con un grado de libertad posible de la cámara (7) en la dirección vertical. Esta variante constructiva presenta un efecto de ocultación reducido entre los objetos (2), gracias a la caída iniciada de los objetos al final del transportador, pero está expuesta a una mayor suciedad debido al sistema de expulsión de residuos situado directamente debajo, en el extremo del transportador.

Por último, la figura 4 ilustra una configuración que utiliza un medio de iluminación (4) móvil que presenta las mismas características que los medios de iluminación fijos de las figuras 1 a 3. Un tipo de iluminación de este tipo se describe, por ejemplo, en el documento WO 2013/115650.

5 Como se muestra en la figura 4, la radiación de una fuente (4') que incluye una lámpara incandescente, por ejemplo, halógena, se enfoca mediante un reflector convergente (4'') o mediante una lente, y se proyecta sobre un espejo giratorio (4''') que envía en todo momento la luz enfocada a una zona rectangular elemental, que barre una franja iluminada (6) a nivel de la superficie de soporte plana móvil (3). Esta franja está delimitada de forma natural por los límites de la cara del espejo que devuelve el haz de luz de la lámpara (4'). Para un buen funcionamiento del dispositivo (1) de la figura 4, es deseable tener un contraste máximo en los bordes (9 y 9'). Esta condición se cumple si el haz convergente (5) procedente de la lámpara 6 corta los bordes superior e inferior de la cara del espejo. De este modo, al igual que en las soluciones presentadas anteriormente, se obtienen dos límites nítidos de la franja iluminada, aunque estén sustancialmente más alejados que los de la franja obtenida por las variantes de las figuras 1 a 3.

15 En ausencia de un objeto (2), la franja iluminada (6) aparece como una franja horizontal en la imagen de la cámara (7). El campo de visión (VA) de la cámara debe ajustarse para que esta franja sea visible en la mitad inferior de la imagen.

20 Además, y de manera conocida por el experto en la materia, el tiempo de exposición y/o el diafragma de la cámara (7) se ajustan para no saturar al nivel de la línea de iluminación y en los objetos negros no brillantes. También se puede añadir un filtro en el objetivo para adaptar el rango de intensidad luminosa a la dinámica de sensibilidad de la cámara.

25 Al pasar un objeto (2), la posición de la representación de la franja iluminada (6) en la imagen se modifica como se ilustra en la figura 5 (la dirección Y representa la dirección de avance o desplazamiento D de la superficie de soporte móvil del transportador 3).

En la imagen medida, los datos útiles recopilados tienen la forma indicada en la figura 6.

30 Un primer programa de detección de perfil (por ejemplo, mediante una técnica de segmentación de imágenes) busca la posición del máximo de señal columna por columna. Este máximo se encuentra normalmente en la zona de intersección de la franja iluminada (6) con el objeto (2).

35 Para hacer este procesamiento más robusto y, como se mencionó anteriormente, se puede reemplazar esta búsqueda de máximo por una búsqueda de percentil columna por columna. De hecho, el valor máximo presenta el riesgo de ser perturbado por diferentes fenómenos (píxeles muertos en el sensor de la cámara, puntos brillantes en la imagen...). Como la franja iluminada (6) es relativamente ancha (por ejemplo, en comparación con un haz láser) y medible en al menos varios píxeles de anchura en la imagen, el uso de un percentil alto permite evitar este tipo de sesgo de medición. Los valores diana para este percentil están entre el 80 y el 100 % (correspondiendo el 100 % al máximo). La línea de perfil así calculada por este primer programa corresponde a un vector que contiene tantos elementos como columnas hay en la imagen. Los valores de este vector se expresan en números de píxeles, y una sencilla modelización geométrica muestra que este número es sustancialmente proporcional a la altura de los posibles objetos con respecto al nivel de la superficie de soporte del transportador (3). A continuación, se realiza un método de umbralización de esta línea de perfil para aislar los objetos (2) del resto de la superficie de soporte (3). Una vez procesada, la señal de perfil (línea de perfil LP) tiene la forma ilustrada en la figura 7.

45 En este esquema, la línea continua representa la línea de perfil medida en la imagen y la línea punteada la posición del umbral a partir del cual se considera que se ha detectado un objeto (2).

50 Un cálculo de triangulación conocido por el experto en la materia determina, a partir de los ángulos de la figura 1a y de las distancias entre la cámara (7), el medio de iluminación (4) y la superficie de soporte del transportador (3), la altura del objeto (2) en ese punto. Esta altura es sustancialmente proporcional a la posición vertical de la franja, expresada en píxeles, y se cuenta a partir de la posición de esta franja en ausencia de objeto (línea cero).

55 La altura mínima detectable corresponde teóricamente a un desplazamiento de al menos un píxel con respecto a la línea cero, y se obtiene un mínimo fiable para dos píxeles de desplazamiento. En la realización preferida, es de 1 a 3 mm en función de la resolución del medio de detección (7) - cámara utilizada.

60 A través de los resultados de las operaciones realizadas por los programas de cálculo mencionados implementados por el medio de procesamiento y evaluación (8), se pueden distinguir todos los objetos (2) de altura superior a un umbral predefinido.

El primer servicio prestado por el dispositivo (1) es, por tanto, la detección de la presencia de cualquier objeto (2) que presente una altura mínima.

65 Se puede prever la implementación de un segundo programa de detección de perfiles (ventajosamente además del primer programa), cuyo objetivo será buscar dos límites, en concreto, las intersecciones superior e inferior de la franja

iluminada con el objeto (2) presente. Esta información adicional puede utilizarse para disponer de cierta redundancia y, por tanto, de un diagnóstico más preciso sobre la forma del objeto (2) inspeccionado. Por ejemplo, en la figura 1a, es posible determinar el perfil tanto siguiendo el límite superior LH definido por el ángulo α_1 , como por el movimiento del límite inferior LB definido por el ángulo α_2 , correspondiendo estos dos límites a los bordes (9, 9') de la franja iluminada (6) proyectada sobre el objeto (2). De este modo, se obtienen dos perfiles desplazados en el tiempo con el movimiento del objeto (2) inspeccionado. El hecho de disponer de dos perfiles calculados de forma independiente aumenta la precisión media. Además, los momentos de entrada y salida del objeto (2) en cada límite son diferentes. En este caso, es posible medir más fácilmente las partes verticales de los objetos (borde de una caja de cartón) o evitar los efectos de enmascaramiento por un objeto situado anteriormente al que nos interesa.

Como se desprende de la figura 4, esta doble detección de los dos límites inferior y superior de la franja iluminada también puede realizarse con ángulos α_1 y α_2 idénticos.

También se puede considerar la posibilidad de distinguir dos clases distintas entre los objetos (2) inspeccionados, en función de la intensidad (o luminancia) de los píxeles correspondientes a la línea de perfil registrada, en concreto: una clase oscura que incluye los píxeles de la línea de perfil de luminancia inferior a un umbral predefinido (véase la definición anterior), y una clase clara que incluye los píxeles de la línea de perfil de luminancia superior a ese mismo umbral.

En la práctica, los píxeles de los objetos claros tienen un valor alto, mientras que los de los objetos oscuros tienen un valor bajo. Por lo tanto, la distinción entre objetos claros y oscuros se puede realizar mediante los 2 umbrales descritos anteriormente (el primero para la detección de objetos que actúa sobre la altitud y el segundo para la distinción entre claros y oscuros que actúa sobre la intensidad de los píxeles). Cabe señalar que los objetos oscuros que presentan puntos brillantes pueden verse como objetos claros con este tipo de procesamiento.

Los inventores han realizado pruebas de funcionamiento de un prototipo del dispositivo y de la máquina antes mencionados y los resultados de estas pruebas, indicados a modo de ejemplo en las figuras 8a a 8f, muestran que se puede obtener un perfil de altura casi completo de un objeto (2) en movimiento, en este caso una botella.

Estas figuras muestran el método de formación de una acumulación temporal de perfiles medidos. La línea temporal se representa virtualmente de arriba a abajo en la figura (las imágenes de la parte superior de la figura corresponden a tomas anteriores a las de la parte inferior). La última imagen de cada secuencia grabada por la cámara se muestra en la parte izquierda de esta figura. La interpretación de la línea de perfil se superpone a estas imágenes: La línea gris corresponde a una línea de perfil inferior al umbral de activación de la detección de un objeto; Las partes de esta línea representadas en blanco corresponden a las posiciones para las que se supera el umbral de detección de objetos.

El lado derecho de cada una de las figuras 8a a 8f ilustra el relieve así calculado y acumulado en unas veinte mediciones temporales sucesivas. El relieve se expresa en píxeles en esta figura.

En el perfil final obtenido (figura 8f), los únicos elementos superficiales que faltan son los puntos que no son visibles en línea directa simultáneamente por el medio de detección (7) -cámara- y el medio de iluminación (4) -conjunto de lámpara halógena + reflector-, como los situados en voladizo (cara inferior de la botella).

La disponibilidad de un perfil completo de las alturas (los valores de Z para todas las posiciones X, Y del objeto en la imagen) permite reconstruir un mapa del volumen exterior del objeto (2) inspeccionado. De este modo, se puede calcular su volumen.

Esto también permite localizar, en los perfiles, los "valles" entre dos objetos (2) en contacto: un programa adaptado puede entonces buscar el mínimo local de altura para ayudar a segmentar un grupo de objetos adyacentes en objetos (2) individuales.

Por supuesto, la invención no se limita a las realizaciones descritas y representadas en los dibujos adjuntos. Sigue siendo posible realizar modificaciones, especialmente en lo que respecta a la constitución de los diversos elementos o mediante la sustitución de equivalentes técnicos, sin alejarse del ámbito de protección de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de inspección de objetos (2) que se mueven en un flujo (F) sustancialmente monocapa sobre una superficie de soporte plana (3) móvil en una dirección longitudinal (D), comprendiendo este dispositivo (1), por un lado, al menos un medio de iluminación (4) que proporciona un haz de iluminación (5) con un eje o plano medio (PM), dirigido hacia la superficie de soporte (3) y cuya intersección con esta superficie de soporte (3) consiste en una franja iluminada (6) que se extiende transversalmente a la dirección de movimiento (D) y en toda o parte de la anchura de dicha superficie de soporte (3), por otro lado, al menos un medio de detección (7) que presenta un eje o una superficie óptica (AO) y un campo de adquisición (7') que presenta en la dirección transversal a la dirección de movimiento (D) una dimensión como máximo igual a la de la franja iluminada (6), y que incluye, en la dirección de movimiento (D), también zonas no iluminadas (6') de la superficie de soporte (3) situadas antes y después de dicha franja iluminada (6) y un volumen (VA) que se extiende al menos por encima de dicha franja o parte de franja iluminada (6), y opcionalmente por encima de las zonas no iluminadas (6') y, por último, un medio (8) de procesamiento y evaluación de las señales o datos proporcionados por dicho al menos un medio de detección (7) con el fin de detectar la presencia de los objetos en movimiento (2), cartografiar su altura y/o determinar su volumen exterior, siendo estos objetos (2) preferiblemente de color oscuro o negro, el eje o el plano medio (PM) del haz o haces de iluminación (5) y el eje o el plano óptico (PO) del medio o medios de detección (7) presentan entre sí un ángulo (AP) distinto de cero, denominado ángulo de paralaje, y la imagen de la franja iluminada (6) adquirida por dicho al menos un medio de detección (7) presenta una anchura igual a al menos tres veces, preferiblemente a al menos diez veces, la resolución de dicho medio (7), dispositivo (1) **caracterizado por que** dicho al menos un medio de iluminación (4) está configurado y dispuesto de tal manera que la franja iluminada (6) generada al nivel de la superficie de soporte (3) presenta una anchura en la dirección de movimiento (D) que es superior a 10 mm, ventajosamente comprendida entre 10 mm y 30 mm, o bien delimitada, en ausencia de objeto (2), por dos bordes paralelos rectilíneos opuestos (9, 9'), que forman límites nítidos en la imagen de esta franja iluminada (6), y presenta un contraste suficiente con respecto a las zonas no iluminadas (6') para ser discernible por el medio de detección (7) y el medio (8) de procesamiento y evaluación, cualquiera que sea el color del objeto (2) en movimiento sobre el que se aplica la franja iluminada (6), y **por que** el o cada haz de iluminación (5) consiste en un haz procedente de una fuente de luz incoherente (4').
2. Dispositivo según la reivindicación 1, **caracterizado por que** la franja iluminada (6) formada sobre la superficie de soporte móvil (3) presenta una anchura, en la dirección de movimiento (D), del orden de aproximadamente 20 mm.
3. Dispositivo según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** el ángulo de paralaje (AP) es superior a 10°, ventajosamente comprendido entre 10° y 50°, el medio de iluminación (4) y el medio de detección (7) están situados en el mismo lado o no de un plano (PP) perpendicular a la superficie de soporte (3) y paralelo a la franja iluminada (6).
4. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el único o cada medio de detección (7) es una cámara matricial, y la representación de la franja iluminada (6) utilizada en el medio de detección (7) y/o en el medio de procesamiento y evaluación (8) consiste ventajosamente en una línea (LP), que se extiende preferiblemente, en ausencia de un objeto (2) impactado por la franja iluminada (6), en la parte inferior de la imagen proporcionada por el medio de detección (7) y analizada por el medio de procesamiento y evaluación (8).
5. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** el o cada medio de iluminación (4) comprende, por un lado, al menos una fuente de luz incoherente (4'), de constitución alargada y dispuesta transversalmente a la dirección de movimiento (D) y, por otro lado, al menos un elemento (4'') que enfoca la radiación emitida por esta o estas fuentes de luz (4') para generar la franja iluminada (6) a nivel de la superficie de soporte (3).
6. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el o cada medio de iluminación (4) proporciona una iluminación permanente al nivel de la franja (6) y comprende al menos una fuente de luz (4') en forma de filamento rectilíneo que se extiende transversalmente a la dirección de movimiento (D) y un elemento de enfoque (4'') en forma de un reflector con una sección parcialmente cilíndrica y elíptica, estando dispuesto el filamento (4') en uno de los focos de la elipse virtual del reflector (4'') y estando situado el otro foco en la proximidad de la superficie de soporte (3).
7. Dispositivo según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el o cada medio de iluminación (4) proporciona una iluminación de barrido al nivel de la franja iluminada (6) y comprende una fuente de luz fija (4'), por ejemplo en forma de filamento, asociada a un elemento de enfoque (4''), por ejemplo en forma de reflector con sección parcialmente elíptica, dicho medio de iluminación (4) comprende además un elemento de transmisión (4'''), por ejemplo móvil, que aplica la iluminación procedente de la fuente (4') y enfocada a nivel de la superficie de soporte (3) para generar la franja iluminada (6) mediante barrido transversal.
8. Máquina de inspección y clasificación automática de objetos (2) que se mueven en un flujo (F) sustancialmente monocapa sobre un transportador, del tipo cinta transportadora por ejemplo, que proporciona una superficie de soporte móvil (3) para dichos objetos (2), máquina **caracterizada por que** comprende, montado sobre el transportador, al menos un dispositivo de inspección (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, si fuera necesario varios dispositivos (1) que comprenden o

bien un medio de iluminación (4) común y al menos dos medios de detección (7) distintos, o bien un medio de detección (7) común y al menos dos medios de iluminación (4) distintos o que corresponden a al menos dos módulos distintos, cada uno de los cuales comprende un medio de iluminación (4) y un medio de detección (7), dispuestos uno junto al otro transversalmente a la dirección de movimiento (D).

5 9. Método de inspección de objetos (2) que se mueven en un flujo (F) sustancialmente monocapa sobre una superficie de soporte plana (3) móvil en una dirección de movimiento (D) longitudinal, mediante la implementación de un dispositivo (1) que comprende, por un lado, al menos un medio de iluminación (4) que proporciona un haz de iluminación (5) con un eje o plano medio (PM), dirigido hacia la superficie de soporte (3) y cuya intersección con dicha superficie de soporte (3) consiste en una franja iluminada (6) que se extiende transversalmente a la dirección de movimiento (D) y sustancialmente a lo largo de toda la anchura de dicha superficie de soporte (3), por otro lado, al menos un medio de detección (7) que presenta un eje o una superficie óptica (AO) y una zona o campo de adquisición (7') que abarca al menos la franja iluminada (6), zonas no iluminadas (6') de la superficie de soporte (3) situadas a ambos lados a lo largo de dicha franja iluminada (6) y un volumen (VA) que se extiende al menos por encima de dicha franja iluminada (6) y, opcionalmente, por encima de las zonas no iluminadas (6') y, por último, un medio (8) de procesamiento y evaluación de las señales o datos proporcionados por al menos un medio de detección (7) con el fin de detectar la presencia de los objetos en movimiento (2), cartografiar su altura y/o determinar su volumen exterior, siendo estos objetos preferiblemente de color oscuro o negro, estando configurado dicho dispositivo de tal manera que el eje o el plano medio (PM) del haz de iluminación (5) y el eje o el plano óptico (AO) forman entre sí un ángulo (AP) distinto de cero, denominado ángulo de paralaje, y el método consiste en proporcionar, por un lado, una imagen de la franja iluminada (6) adquirida por al menos un medio de detección (7) que tiene una anchura al menos igual al triple de la resolución del medio (7) y, por otro lado, una franja iluminada (6) al nivel de la superficie de soporte (3) que está delimitada por dos bordes paralelos rectilíneos opuestos (9, 9') que pueden diferenciarse mutuamente en la imagen, que presenta una anchura en la dirección de movimiento (D) que es superior a 10 mm, ventajosamente comprendida entre 10 mm y 30 mm, y que presenta un contraste suficiente con respecto a las zonas no iluminadas (6') para ser discernible por el medio de detección (7) y utilizable por el medio (8) de procesamiento y evaluación, cualquiera que sea el color del objeto (2) en movimiento sobre el que se aplica la franja iluminada (6), el haz o cada haz de iluminación (5) consiste en un haz procedente de una fuente de luz incoherente (4').

30 10. Método según la reivindicación 9, **caracterizado por que** consiste en extraer de la imagen de la franja iluminada (6), mediante al menos un programa de procesamiento de datos adecuado ejecutado por el medio (8) de procesamiento y evaluación, al menos una línea de perfil (LP) que representa la altura con respecto a la superficie de soporte móvil (3) y comparar esta línea de perfil con un valor umbral mínimo de presencia de objeto y, si fuera necesario, utilizar esta línea de perfil para determinar punto por punto la altura de los objetos (2) inspeccionados.

35 11. Método según la reivindicación 10, **caracterizado por que** consiste en analizar la luminancia de las líneas de perfil (LP) sucesivas de un objeto (2) y utilizarla para clasificar dicho objeto (2) como objeto oscuro u objeto claro.

40 12. Método según la reivindicación 10 u 11, **caracterizado por que** consiste en acumular en el tiempo las líneas de perfil sucesivas de un mismo objeto (2) para reconstruir su forma aparente y/o calcular su volumen.

45 13. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, **caracterizado por que** el programa de detección de perfil aplicado por el medio (8) de procesamiento y evaluación implementa una búsqueda de percentil de luminancia detectada a lo largo de cada línea perpendicular a la imagen de la franja iluminada (6), seguida de una operación de umbralización de la línea de perfil.

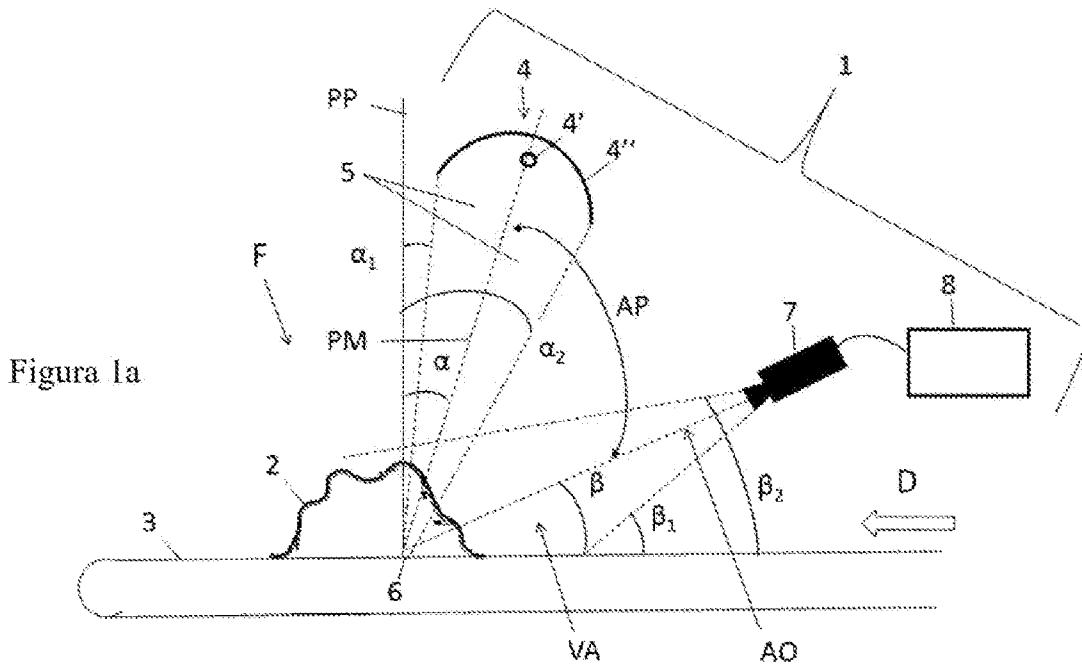
50 14. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, **caracterizado por que** el medio (8) de procesamiento y evaluación implementa dos operaciones de detección de perfil que permiten buscar y utilizar dos límites, en concreto, las intersecciones superior e inferior de la franja iluminada (6) con el objeto (2) presente.

55 15. Método según la reivindicación 14, **caracterizado por que** consiste en determinar un primer perfil siguiendo un límite superior (LH) definido por un primer ángulo (α_1) y un segundo perfil siguiendo un límite inferior (LB) definido por un segundo ángulo (α_2), correspondiendo estos dos límites (LH, LB) a los dos bordes (9, 9') de la franja iluminada (6) proyectada sobre el objeto (2), y estando desfasados en el tiempo con el movimiento del objeto (2) inspeccionado.

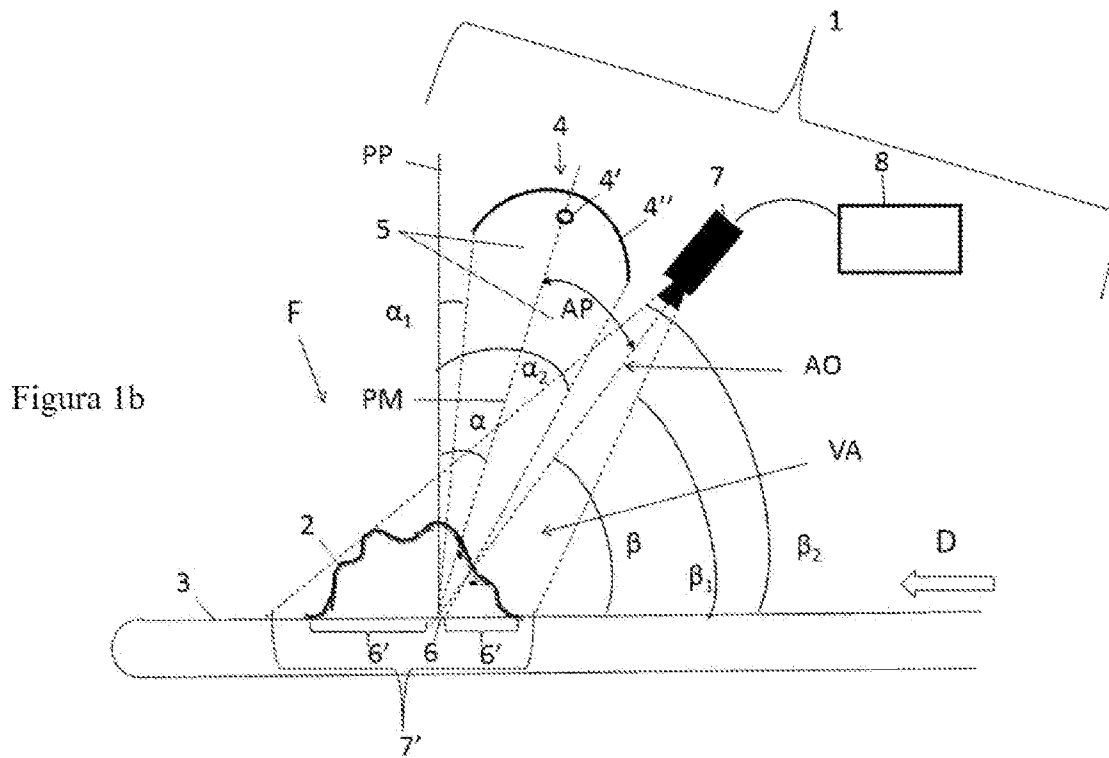
60 16. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 14 y 15, **caracterizado por que** las dos operaciones son distintas y se realizan por separado, determinándose los dos perfiles independientemente uno de otro.

60 17. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 16, **caracterizado por que** consiste en utilizar al menos un dispositivo de inspección (1) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7.

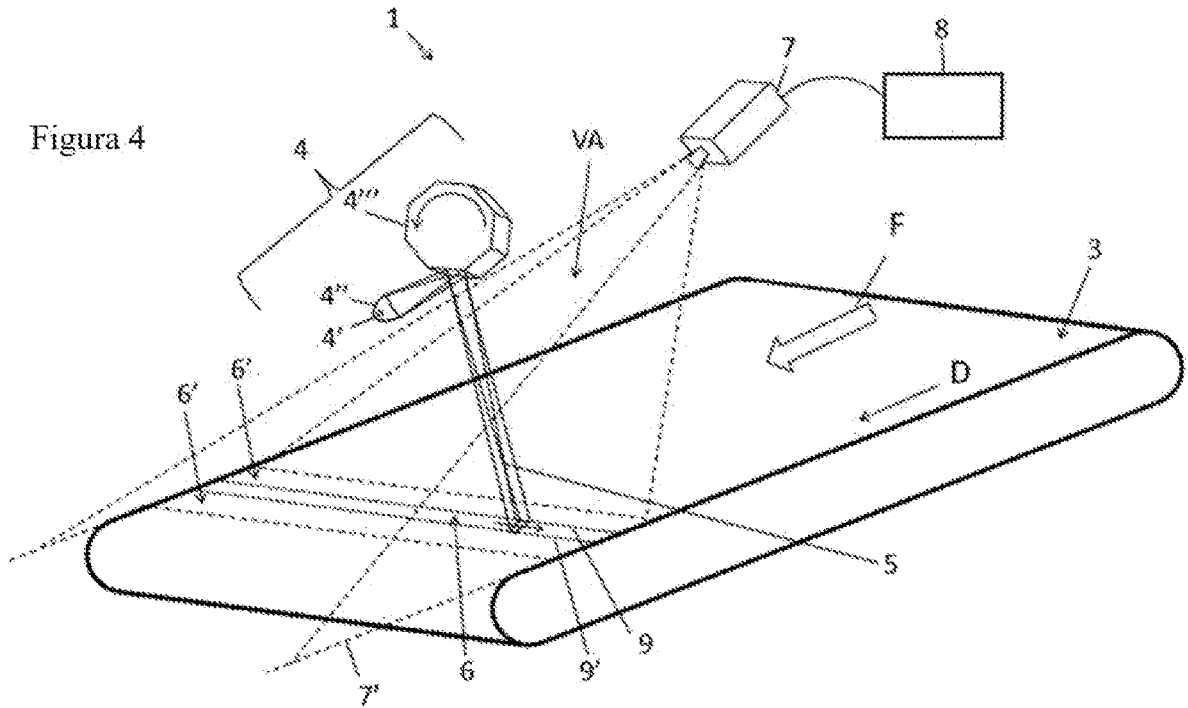
[Fig. 1a]



[Fig. 1b]



[Fig. 4]



[Fig. 5]

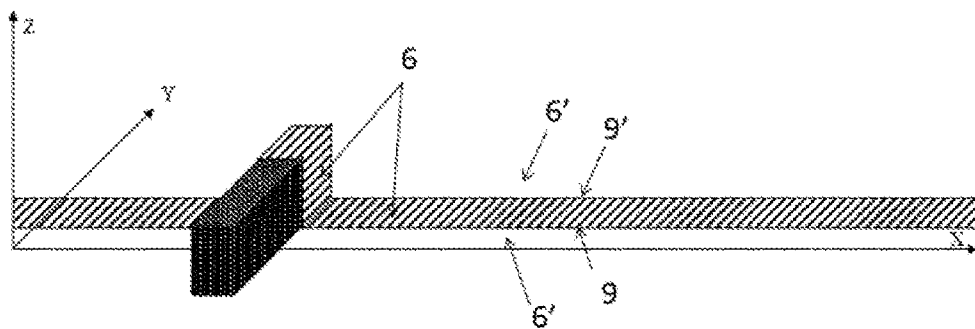


Figura 5

[Fig. 6]

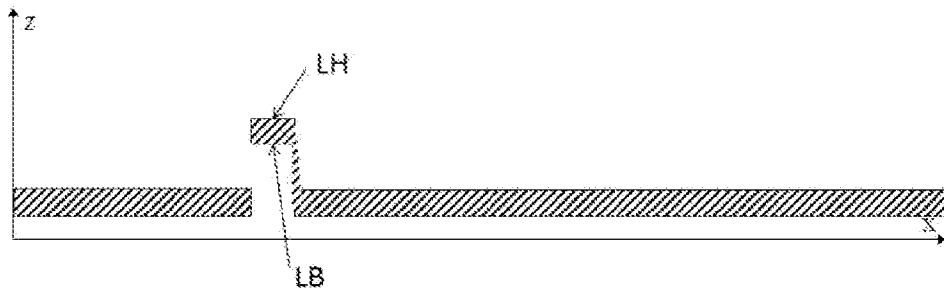


Figura 6

[Fig. 7]

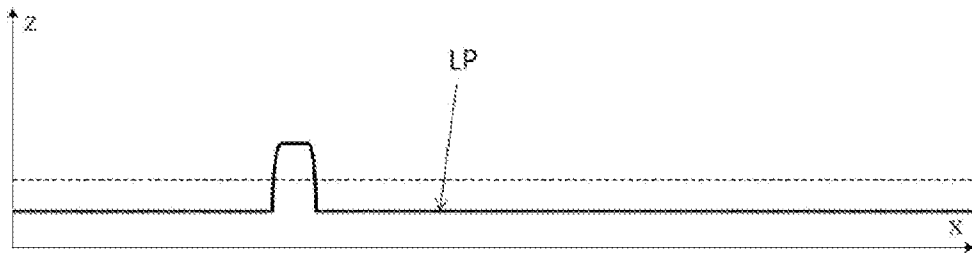


Figura 7

[Fig. 8a]

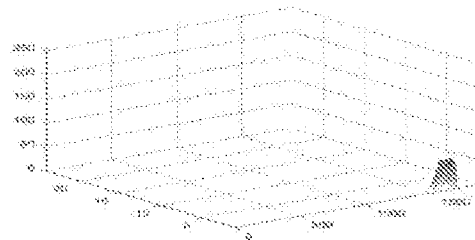
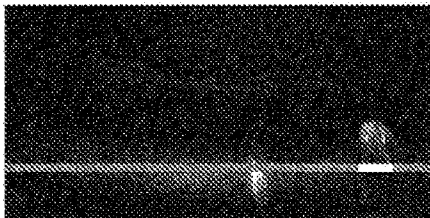


Figura 8a

[Fig. 8b]

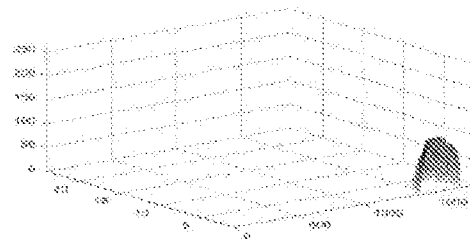
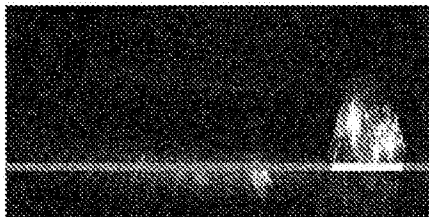


Figura 8b

[Fig. 8c]

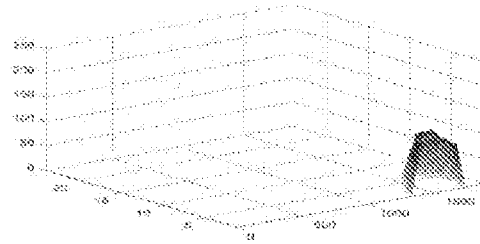
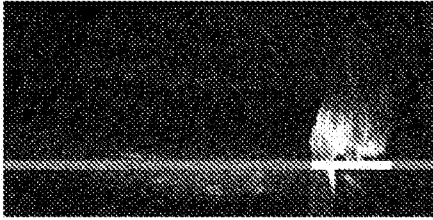


Figura 8c

[Fig. 8d]

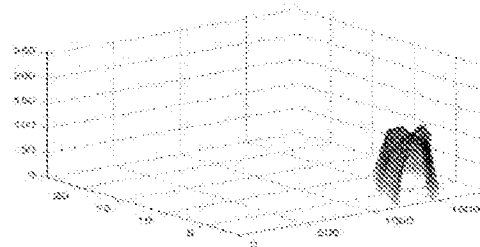
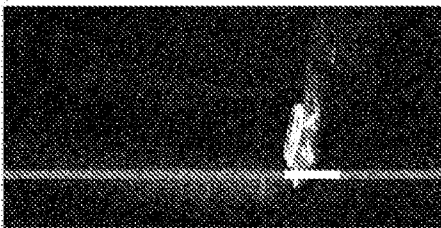


Figura 8d

[Fig. 8e]

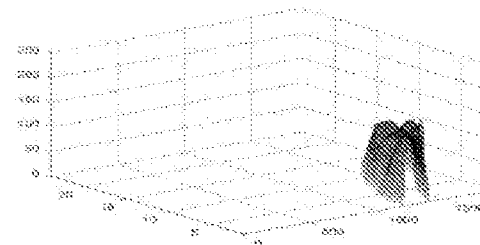
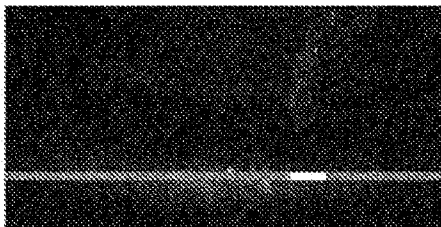


Figura 8e

[Fig. 8f]

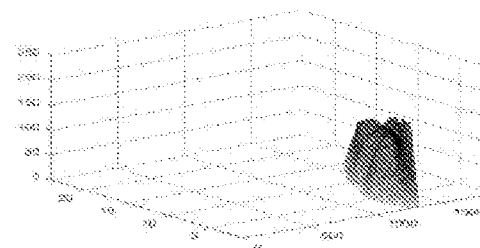
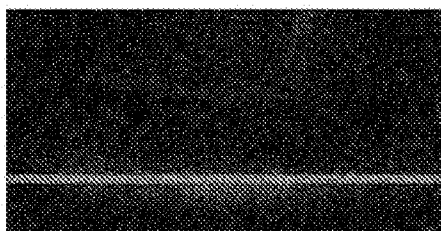


Figura 8f